

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

## Il ruolo cognitivo dei gesti

**This is a pre print version of the following article:**

*Original Citation:*

*Availability:*

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1659812> since 2018-02-12T15:46:31Z

*Published version:*

DOI:10.1421/88771

*Terms of use:*

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

***This is an author version of the contribution published on:***

*Questa è la versione dell'autore dell'opera:*

*[Iani, F., Formichella, M., Giornale Italiano di Psicologia, doi: 10.1421/88771]*

***The definitive version is available at:***

*La versione definitiva è disponibile alla URL:*

*[<https://www.rivisteweb.it/doi/10.1421/88771>]*

## **The cognitive role of gestures**

**Abstract:** Gestures are movements of our hands and arms that do not lead to a direct physical change in the world but that can directly change our minds. Recent theoretical advances and findings in cognitive science suggest that these body movements can play a wide role on cognition. This article provides a review on the role of gestures produced or observed, specifically as regards their role in communication, reasoning, learning and memory. We'll try to outline how gestures can be considered both the result of cognitive processes and a critical component able to affect our cognition. We conclude with some evidences on the mechanisms underlying the beneficial effect of gestures on memory, and a brief discussion in the more general debate on the philosophical thesis of "extended mind".

**Keywords:** gestures, reasoning, learning, memory

## **Il ruolo cognitivo dei gesti**

**Sommario:** I gesti sono movimenti delle mani e delle braccia che non portano a un diretto cambiamento fisico nel mondo, ma che possono cambiare direttamente le nostre menti. Recenti approcci teorici ed evidenze sperimentali nel campo della scienza cognitiva sembrano suggerire come tali movimenti del corpo possano svolgere un importante ruolo sulla cognizione. Questo articolo fornisce una rassegna sul ruolo dei gesti prodotti e osservati, in particolare nella comunicazione, ragionamento, apprendimento e memoria. Cercheremo di evidenziare come i gesti possano essere considerati sia una manifestazione dei processi cognitivi, sia una componente critica in grado di influenzare la nostra cognizione. Concludiamo con alcune evidenze sui meccanismi alla base dell'effetto benefico dei gesti sulla comprensione e la memoria e con una breve discussione nel più ambito dibattuto sul concetto filosofico di "mente estesa".

**Parole chiave:** gesti, ragionamento, apprendimento, memoria

## Introduzione

Quando parliamo accompagniamo spesso il nostro discorso con gesti, ovvero movimenti di braccia e di mani che non determinano un diretto cambiamento fisico nel mondo (Vasc e Ionescu, 2013). È possibile definire come “gesto” un movimento delle braccia e delle mani che può far parte di un atto comunicativo intenzionale, ma che non è in grado di avere una conseguenza diretta sul mondo reale. Ad esempio, un bambino che cerca attivamente di far ruotare il coperchio di un barattolo (con il fine di aprirlo) mentre guarda la madre, sebbene compia un movimento che fa parte di un atto comunicativo, compie una manipolazione diretta di un oggetto e quindi non si tratta di un gesto (Cartmill, Demir e Goldin-Meadow, 2012). Esistono differenti tipologie di gesti che possono avere differenti funzioni. Tralasciando i gesti *simbolici*, gesti convenzionali dato il loro significato culturalmente definito, McNeill (1992) ha identificato quattro categorie di gesti:

1. *iconici* (o *rappresentazionali*): gesti che rappresentano in modo analogico le caratteristiche semantiche del contenuto del discorso che accompagnano e che hanno rispetto ad esso una relazione diretta e trasparente (es., muovere le braccia su e giù come due ali per descrivere un uccello);
2. *metaforici*: gesti rappresentazionali il cui contenuto rappresenta concetti astratti (es., rappresentare con le mani la forma di una sfera per esprimere l'idea di interezza);
3. *deittici* (o *performativi*): gesti “di puntamento” utilizzati per indicare e riferirsi a oggetti, direzioni o luoghi che possono essere reali e presenti nello spazio comunicativo, ma anche immaginari o astratti (es., elementi già citati durante l'interazione comunicativa);
4. *ritmici* (o *motori*): gesti ripetitivi che seguono la prosodia del discorso e quindi che non sono legati semanticamente al contenuto del discorso. Essi tendono ad avere sempre la stessa forma indipendentemente dal contenuto.

In letteratura è stata più volte postulata l'esistenza di una stretta relazione fra gesti e linguaggio. McNeill (1992) ha suggerito che i gesti e il linguaggio costituiscano un unico sistema integrato, mentre Corballis (2002) ha sostenuto che il linguaggio parlato rappresenti l'evoluzione di un sistema di comunicazione gestuale (vedi 1.1). Molti autori hanno attribuito ai gesti un importante ruolo pragmatico (es., Kelly, Barr, Church e Lynch, 1999): a seconda del contesto in cui sono prodotti, i gesti che accompagnano il discorso possono aggiungere informazioni e disambiguare le intenzioni del parlante, cioè possono facilitare la comprensione di un atto comunicativo. Non sono infatti pochi gli studi che ne hanno dimostrato il cruciale ruolo nella comunicazione. Ad esempio, quando le persone sono maggiormente motivate a comunicare tendono a compiere gesti più ampi (Hostetter, Alibali e Shrager, 2011) e gli individui più empatici tendono a produrre un numero maggiore di gesti al fine di facilitare l'interazione con l'interlocutore (Chu, Meyer, Foulkes e Kita, 2014). Parallelamente, i gesti svolgono un ruolo rilevante anche per il destinatario: le informazioni veicolate dai gesti vengono integrate automaticamente nella rappresentazione mentale del messaggio comunicativo, facilitandone così la comprensione (Ping, Goldin-Meadow e Beilock, 2014).

Tuttavia, numerosi contributi sembrano suggerire che il ruolo dei gesti non si esaurisca nella dimensione comunicativa. Gli esseri umani tendono infatti a gesticolare anche in quelle situazioni in cui il destinatario non può osservare e beneficiare dell'informazione proveniente dai gesti (ad esempio, al telefono; Rimé, 1982). Persino gli individui non vedenti dalla nascita compiono gesti mentre parlano, anche quando consapevolmente si relazionano con un'altra persona non vedente (si veda Iverson e Goldin-Meadow, 1998). Tendiamo inoltre a gesticolare spontaneamente anche quando riflettiamo o studiamo (es., Chu e Kita, 2008). È chiaro come in queste situazioni i gesti non abbiano una funzione comunicativa, ma presumibilmente svolgano un ruolo nel facilitare la pianificazione e l'organizzazione del discorso, il problem solving ed il ragionamento (Krauss, 1998; Bucciarelli, Mackiewicz, Khemlani e Johnson-Laird, 2016). Oltre ai casi sopra citati, alcune evidenze sperimentali concordano nell'attribuire ai gesti anche un

ruolo fondamentale nell'apprendimento (es., Cook e Goldin-Meadow, 2006). Ad esempio, i bambini imparano più facilmente un compito se l'insegnante accompagna le istruzioni con gesti rispetto a quando le istruzioni vengono presentate unicamente a voce (Church, Ayman-Nolley e Mahootian, 2004); più in generale, bambini ed adulti apprendono più facilmente un dato contenuto se la lettura (o l'ascolto) viene accompagnata da una rappresentazione gestuale dei concetti espressi (es., Cutica e Bucciarelli, 2008). Tali evidenze sembrano suggerire come i gesti possano cambiare ed influenzare direttamente i processi cognitivi (Madan e Singhal, 2012).

Lo scopo di questo articolo è di offrire una panoramica rispetto al ruolo dei gesti in svariati settori quali la comunicazione linguistica (1.1), il problem solving e il ragionamento (1.2), l'apprendimento e la memoria (1.3). Saranno inoltre presentate alcune ricerche volte ad indagare i meccanismi neuro-cognitivi coinvolti nell'effetto benefico dei gesti sulla comprensione e la memoria (1.4). Adottando questa impostazione generale, emergerà la necessità di considerare i gesti non solo come semplice manifestazione fisica (epifenomeno) di alcuni processi cognitivi ma anche come una componente in grado di svolgere un ruolo causale su di essi. A tal proposito il filosofo Andy Clark (2013) ha riassunto il medesimo concetto nei seguenti termini: “quando parliamo o scriviamo, materializziamo i nostri pensieri con i gesti. Si rende in essere *qualcosa* di concreto, e quel qualcosa (in questo caso, il movimento del braccio) può influenzare il pensiero ed il ragionamento in modo sistematico. [...] Nella triade discorso-processo neurale-gesti [...] i gesti rappresentano una manifestazione sistematica e al tempo stesso giocano un ruolo trasformativo” (Clark, 2013, p.263). Nelle conclusioni ci soffermeremo su alcune brevi considerazioni nel più ampio dibattito sul concetto di “embodied cognition” (es., Wilson, 2002) e quello filosofico di “mente estesa” (es., Clark, 2007).

## **1.1 Il ruolo dei gesti nella comunicazione linguistica**

I gesti che accompagnano il discorso sono intrinsecamente legati al contenuto semantico presente in esso (McNeill, 1992; Kelly, Devitt e Esch, 2009) e sono prodotti in modo spontaneo

in tutte le culture così come in tutte le fasi di vita, dall'infanzia all'età adulta (Kendon, 2004). I gesti rappresentano attraverso il movimento del corpo un contenuto semantico e possono fornire informazioni di natura spaziale. I gesti sono quindi “in grado di radicare il significato del linguaggio in rappresentazioni fisiche” (Kelly *et al.*, 2009, p.314). In altre parole, essi “riflettono le caratteristiche dinamico-spaziali dei concetti” che accompagnano (Krauss, 1998, p.55). I gesti sono quindi rappresentazioni *iconiche* che giocano un ruolo rappresentazionale diretto rispetto a ciò cui fanno riferimento. Tale caratteristica non è limitata solo ai gesti definiti da McNeill “iconici” (1992) ma riguarda anche i gesti metaforici e deittici. Anch'essi presentano infatti una relazione diretta e non mediata con il relativo referente, ovvero con la realtà o la situazione alla quale rinviano (talvolta vengono infatti tutti definiti sotto l'unica categoria di gesti “rappresentazionali”). Al contrario, il linguaggio umano è largamente arbitrario (es., Corballis, 2002) e deve basarsi su strutture convenzionali per poter veicolare un significato specifico (Quine, 1960). A tal proposito, alcuni studiosi hanno ipotizzato che i movimenti delle braccia e delle mani permettano ai neonati di affrontare e superare le difficoltà imposte dall'arbitrarietà del linguaggio parlato (Tomasello, 1998), permettendo loro di comunicare informazioni ancora non accessibili a livello linguistico (per una rassegna si veda, Volterra, Caselli, Capirci e Pizzuto, 2005). A tal proposito è stato dimostrato come, nei bambini dai 6 agli 8 mesi, la fase di lallazione sia spesso accompagnata da movimenti delle mani (Masataka, 2001) e come la produzione di gesti preceda e predica il successivo sviluppo del linguaggio orale (Capirci, Iverson, Pizzuto e Volterra, 1996). In uno studio longitudinale condotto da Iverson e colleghi (2008), comparando la produzione di gesti e parole in bambini italiani e americani, sebbene siano state riscontrate differenze nel numero di gesti prodotti dai due campioni sperimentali, in entrambe le culture la presenza dei gesti (soprattutto di gesti deittici) prediceva in modo affidabile lo sviluppo del linguaggio orale (Iverson, Capirci, Volterra e Goldin-Meadow, 2008). Questi risultati mostrano come i gesti possano giocare un

ruolo facilitante nelle prime fasi dello sviluppo del linguaggio, in quanto la relazione pensiero-gesto è più diretta e trasparente rispetto alla relazione che intercorre tra pensiero e parole.

Anche in soggetti adulti i gesti possono aiutare il parlante a generare un discorso. In particolare, essi possono favorire la costruzione di unità concettuali adatte al linguaggio parlato e permettono di focalizzare l'attenzione su un pacchetto di informazioni alla volta. In uno studio di Kita e Davies (2009), i partecipanti sono stati invitati a descrivere singole parti di una figura geometrica complessa composta da linee grigie, alcune delle quali evidenziate in nero. Le condizioni sperimentali erano due: nella prima, le linee nere evidenziavano rettangoli regolari all'interno della figura geometrica complessa (in modo che le figure evidenziate fossero coincidenti con le singole parti che i partecipanti erano chiamati a descrivere), mentre nella seconda evidenziavano poligoni irregolari (in modo che le figure evidenziate non fossero coincidenti con le singole parti che i partecipanti dovevano descrivere). Durante la descrizione orale, i partecipanti hanno prodotto un numero maggiore di gesti iconici e deittici nella seconda condizione sperimentale. Gli autori hanno concluso che i gesti possano facilitare la segmentazione di informazioni rilevanti e la loro trasformazione in unità concettuali separate.

I gesti possono inoltre aiutare il parlante a mantenere vive le immagini mentali nella memoria di lavoro visuo-spaziale, alleggerendo quindi il carico cognitivo della working-memory. In uno studio di Wagner, Nusbaum e Goldin-Meadow (2004) i partecipanti sono stati invitati a gesticolare (condizione *Gesture*) o a rimanere fermi (condizione *No-Gesture*) durante la soluzione di problemi matematici; questo compito era inoltre accompagnato da compiti verbali o visivi che impegnavano la working-memory. I partecipanti hanno mostrato una maggiore accuratezza in entrambi i compiti nella condizione *Gesture* (in cui compivano soprattutto gesti iconici e deittici), rispetto alla condizione *No-Gesture*. In linea con l'assunto secondo cui i gesti alleggeriscono il carico cognitivo della working-memory, si è osservato inoltre come le persone tendino a gesticolare maggiormente quando descrivono un'immagine a partire da un ricordo, piuttosto che quando descrivono la stessa immagine quando è visibile di fronte a loro (Wesp,



Hesse, Keutmann e Wheaton, 2001). In aggiunta, i resoconti verbali di bambini e di adulti beneficiano della produzione di gesti, sia che si tratti di gesti spontanei sia che si tratti di gesti prodotti su richiesta degli sperimentatori (si veda Stevanoni e Salmon, 2005).

I gesti possono essere inoltre considerati come stimoli multimodali in grado di innescare e supportare l'accesso lessicale durante la produzione di un discorso. In uno studio di Rauscher, Krauss e Chen (1996), i partecipanti producevano un numero maggiore di gesti ritmici e rappresentazionali quando era loro richiesto di inserire nel discorso il maggior numero possibile di parole insolite, rispetto alla condizione in cui erano liberi di usare qualsiasi termine. Inoltre, se veniva loro proibito di gesticolare i partecipanti parlavano più lentamente ed aumentava il numero di disfluenze, rispetto alla condizione in cui era permesso loro di gesticolare. Sulla base dei risultati osservati, gli autori hanno concluso che i gesti sono in grado di favorire il recupero di singole parole e quindi la produzione di un discorso (Rauscher *et al.*, 1996). Frick-Horbury e Guttentag (1998) hanno invece dimostrato che quando ai partecipanti veniva proibito di gesticolare con le mani, essi rievocavano meno parole in risposta ad un compito di definizione di parole, mentre Alibali, Kita e Young (2000) hanno suggerito come i gesti possano favorire il resoconto verbale perché in grado di scomporre alcune conoscenze in strutture verbali che possono essere espresse a parole. I gesti dunque “potrebbero stimolare il recupero verbale fornendo rappresentazioni aggiuntive del termine ricercato, cioè favorendo l'accesso lessicale” (Krauss, Chen e Chawla, 1996, p. 44). Krauss e Hadar (1999), in base a queste evidenze, hanno concluso che la gestualità serve essenzialmente per facilitare il recupero dell'informazione verbale, agevolando il recupero di termini linguistici non facilmente accessibili.

Alcuni studi hanno inoltre indagato la relazione temporale che intercorre tra il gesto e la relativa componente verbale che esso accompagna. In un recente lavoro (Ianì, Cutica e Bucciarelli, 2016) si è osservato che i partecipanti meno accurati durante la rievocazione di un testo scientifico, rispetto ai partecipanti più accurati, hanno prodotto un numero maggiore di

gesti anticipatori ovvero gesti il cui inizio precede temporalmente l'inizio della relativa parte verbale che accompagnano. I partecipanti più accurati hanno invece prodotto un numero maggiore di gesti simultanei al discorso. Analogamente, Morrel-Samuels e Krauss (1992) hanno indagato il rapporto tra familiarità lessicale e sincronia dei gesti rispetto al discorso. Secondo gli autori “un enunciato è il tentativo di rendere a parole il contenuto astratto di una proposizione; tuttavia, per diversi motivi, una persona può non avere accesso lessicale al termine che esprimerebbe in modo preciso il concetto” (ibidem, p. 616). I partecipanti sono stati invitati a fornire descrizioni narrative di alcune fotografie ed è stato analizzato il rapporto temporale tra i gesti prodotti spontaneamente e il resoconto verbale che accompagnavano. In generale, è stato riscontrato che tanto più la parola era familiare tanto il più l'inizio del gesto combaciava con l'inizio della produzione verbale. Viceversa, le parole meno familiari (quindi meno accessibili) erano accompagnate da una maggiore asincronia tra l'inizio del gesto e l'insorgenza del discorso. Una possibile interpretazione di questi dati è che la minore familiarità con un determinato contenuto (per mancanza di comprensione o di frequenza d'uso) sia solitamente accompagnata dalla presenza di gesti anticipatori, ovvero gesti in grado di svolgere un ruolo di auto-strutturazione dell'informazione verbale laddove è necessario compensare una minore accessibilità ai contenuti. Parallelamente, quanto più un termine è facilmente accessibile, tanto più il gesto accompagna il discorso in modo sincrono diventando parte integrante della rievocazione (Ianì *et al.*, 2016).

In accordo con la posizione teorica di McNeill (1992) secondo cui i gesti e il linguaggio orale formano un singolo sistema di comunicazione in quanto derivano dai medesimi processi di pensiero (sebbene poi vengano espressi con modalità diverse), una serie di lavori di Gentilucci e colleghi (2001; 2006; 2011) hanno mostrato come la produzione del linguaggio e la produzione dei gesti siano controllate dallo stesso sistema neurale. Gentilucci e colleghi (2001) hanno dimostrato che quando ai partecipanti veniva chiesto di aprire la loro bocca durante l'esecuzione di un movimento delle braccia e delle mani (es., afferrare un oggetto), la

dimensione dell'apertura della bocca aumentava all'aumentare delle dimensioni dell'oggetto da afferrare (il movimento delle braccia non influenzava la cinematica di nessun altro effettore). Analogamente, quando ai partecipanti veniva chiesto di afferrare un oggetto con la bocca e contemporaneamente di aprire le dita, la dimensione dell'apertura della mano aumentava all'aumentare della dimensione dell'oggetto da afferrare con la bocca. Gli autori hanno concluso che vi è una sovrapposizione tra i circuiti neurali deputati ai movimenti delle mani e quelli deputati ai movimenti della bocca. Tale considerazione ha portato diversi autori (es., Corballis, 2002; Gentilucci e Corballis, 2006) ad ipotizzare che il linguaggio orale si sia evoluto proprio a partire dai gesti delle braccia e delle mani.

La relazione tra gesti e linguaggio è stata studiata anche in contesti comunicativi. In uno studio di Bernardis e Gentilucci (2006) i partecipanti venivano invitati a pronunciare delle parole (es., 'ciao', 'stop') o a produrre i relativi gesti simbolici, oppure ad emettere i due segnali comunicativi contemporaneamente. Analizzando lo spettro vocale così come la cinematica dei gesti, gli autori hanno dimostrato come il produrre gesti congruenti con il verbale sia in grado di rafforzare l'espressione linguistica delle parole. Un simile effetto si è riscontrato anche quando i partecipanti non producevano in prima persona i gesti ma si limitavano ad osservarli. Questi risultati dimostrano, secondo gli autori, che il linguaggio orale e i gesti comunicativi vengono codificati da un unico sistema neurale, nello specifico, dall'area di Broca (per evidenze circa tale ruolo si veda Gentilucci, Bernardis, Crisi e Dalla Volta, 2006). Gentilucci e Campione (2011) hanno dimostrato infine come anche la semplice postura della mano (senza la necessità di un effettivo movimento) possa influenzare il controllo dei movimenti della bocca, e viceversa: la postura di uno dei due effettori è in grado di modellare il movimento dell'altro effettore.

## **1.2 Il ruolo dei gesti nel problem solving e nel ragionamento**

Come già accennato, le persone tendono a gesticolare non solo quando parlano, ma anche mentre pensano e riflettono silenziosamente, in particolare in situazioni di problem-solving.

Questo tipo di movimenti delle mani sono solitamente chiamati “*co-thought gestures*” (gesti che accompagnano il pensiero; es., Chu e Kita, 2008) e alcune evidenze sperimentali suggeriscono come possano svolgere un ruolo causale nel pensiero. Ad esempio, in uno studio di Chu e Kita (2011) si è osservato un effetto benefico dei gesti iconici in compiti di rotazione mentale. In particolare, nell’Esperimento 1 è stata indagata la produzione spontanea di gesti che accompagnano il pensiero durante la soluzione di compiti di rotazione mentale. I partecipanti sono stati invitati ad osservare 24 serie di stimoli, composti ognuno da 3 figure tridimensionali ed è stato loro richiesto di indicare se la figura in basso corrispondeva alla rotazione dell’oggetto in alto a destra o dell’oggetto in alto a sinistra. L’oggetto in basso poteva essere ruotato di 60°, 120°, 240° e 300°; la letteratura mostra come per i partecipanti sia tendenzialmente più facile identificare correttamente un oggetto ruotato di 60° o 300°, perché devono attuare una “rotazione mentale più corta” dell’oggetto originale (Shepard e Cooper, 1982). In questo primo esperimento, gli sperimentatori non hanno fatto alcun riferimento ai gesti. Tuttavia, dall’analisi dei movimenti delle mani è emerso come i trial più difficili (120° e 240°) abbiano comportato una maggior produzione di gesti, rispetto ai trial più facili (60° e 300°). È presumibile dunque che i partecipanti si siano aiutati spontaneamente con i gesti nella soluzione dei compiti più difficili. Nel secondo esperimento (Chu e Kita, 2011), i partecipanti sono stati invitati a svolgere il medesimo compito, ma in tre differenti sessioni. Nella prima sessione i partecipanti sono stati suddivisi in tre gruppi, in cui sono stati incoraggiati ad usare braccia e mani durante il compito sperimentale (*gesture-encouraged group*), sono stati invitati a sedersi sulle proprie mani al fine di inibire la produzione di gesti spontanei (*gesture-prohibited group*), o non sono state fornite istruzioni riguardo ai gesti (*gesture-allowed group*, gruppo di controllo con le stesse indicazioni del primo esperimento). Nella seconda e nella terza sessione i partecipanti sono stati tutti invitati a rimanere seduti sulle proprie mani. I risultati mostrano che i partecipanti del gruppo *gesture-encouraged* hanno risolto correttamente un numero maggiore di problemi di rotazione mentale e la loro prestazione è risultata globalmente migliore anche nelle due sessioni successive in cui

a tutti i partecipanti non era permesso gesticolare. Questo risultato suggerisce come l'effetto benefico dei gesti persista nel tempo (Chu e Kita, 2011).

Recentemente, alcuni studi hanno evidenziato un simile effetto dei gesti anche sul ragionamento. Ad esempio, in uno studio di Bucciarelli e colleghi (2016) i partecipanti (bambini di 10 anni) sono stati invitati a individuare la corretta sequenza di spostamenti necessari a comporre un treno in cui l'ordine dei vagoni corrispondeva a quello indicato dalle istruzioni. Il materiale sperimentale adottato nei due esperimenti era il seguente: sei vagoni-giocattolo contrassegnati da lettere, un binario di sinistra (di partenza), un binario di destra (di arrivo), un binario laterale (binario morto) e un'immagine, posta sopra il binario di destra, raffigurante l'ordine di arrivo richiesto. In un primo esperimento i partecipanti sono stati invitati a descrivere a parole, senza muovere i vagoni, le mosse necessarie per ottenere l'ordine d'arrivo richiesto. I vagoni potevano essere mossi sul binario principale da sinistra a destra o da sinistra al binario laterale morto e dal binario morto a sinistra; inoltre, non erano ammessi salti o sorpassi, quindi i vagoni potevano muoversi solo sui binari. Il compito richiesto ai partecipanti era dunque di natura abduittiva, cioè richiedeva di individuare una spiegazione: un compito così concepito richiede l'abilità di immaginare una sequenza di eventi che si sviluppi, passo dopo passo, con lo stesso ordine temporale della sequenza degli eventi reali (Khemlani, Mackiewicz, Bucciarelli e Johnson-Laird, 2013). I risultati hanno mostrato che, durante la formulazione degli algoritmi, i partecipanti in grado di formulare risposte corrette avevano prodotto un notevole numero di gesti iconici e deittici. Questi gesti possono essere considerati una manifestazione della simulazione mentale della sequenza di spostamenti dei vagoni (Bucciarelli, Mackiewicz, Khemlani e Johnson-Laird, 2016). Tale interpretazione è in accordo con la proposta teorica denominata “*Gestures as Simulated Action (GSA) framework*”, secondo cui i gesti emergerebbero da un processo cognitivo impegnato nella simulazione di stati motori e percettivi (Hostetter e Alibali, 2008). Il secondo esperimento, manipolando direttamente la possibilità di compiere o meno i gesti, aveva come obiettivo quello di indagare se i gesti prodotti fossero

solamente una manifestazione, un epifenomeno del processo cognitivo sottostante o potessero anche giocare un ruolo causale su di esso. Dai risultati è emerso che quando i bambini non potevano muovere braccia e mani la loro abilità nel formulare algoritmi corretti diminuiva del 13% rispetto a quando ai bambini era permesso di gesticolare. Considerando globalmente i risultati presentati, è possibile sostenere che i gesti abbiano aiutato i bambini a tenere traccia nella working-memory dello stato della simulazione mentale. Questi risultati suggeriscono come i gesti (i) riflettano la simulazione mentale in atto e allo stesso tempo (ii) ne facilitino lo sviluppo.

### **1.3 Il ruolo dei gesti nell'apprendimento**

Diversi studi hanno dimostrato che i gesti durante la fase di apprendimento, sia se prodotti sia se osservati, permettono di migliorare la comprensione e la memoria del discente.

#### *Il ruolo dei gesti prodotti*

Cook, Yip e Goldin-Meadow (2010) hanno evidenziato come la produzione di gesti rappresentazionali e ritmici durante la fase di codifica renda l'informazione verbale maggiormente memorizzabile. Nello specifico, in un primo esperimento i partecipanti hanno osservato 26 vignette animate (es., una donna che accarezza un cane) e successivamente sono stati invitati a descrivere con una o due frasi ogni vignetta. Come nel primo esperimento di Bucciarelli e colleghi (2016) i partecipanti non hanno ricevuto istruzioni riguardo ai gesti, ma sono stati videoregistrati sia nella fase di apprendimento sia nella fase di rievocazione libera al fine di indagare la gestualità spontanea: i partecipanti che avevano gesticolato nella fase di apprendimento hanno ricordato un numero maggiore di item. Nel secondo esperimento dello stesso studio (Cook *et al.*, 2010), gli autori hanno manipolato direttamente la produzione dei gesti: anche in questo caso i risultati hanno evidenziato che i partecipanti invitati a gesticolare ricordavano un numero maggiore di vignette. Sembrerebbe quindi che i gesti, sia quando

prodotti spontaneamente sia se prodotti su richiesta dello sperimentatore, possano migliorare la memoria dei partecipanti.

I gesti possono rappresentare un aiuto anche in contesti di apprendimento. Cook, Mitchell and Goldin-Meadow (2008) hanno riscontrato come incoraggiare i bambini a produrre gesti deittici durante l'acquisizione di un nuovo concetto matematico possa favorire il consolidamento delle conoscenze acquisite durante la fase di apprendimento. Hostetter e Alibali (2008) sostengono che la produzione di gesti possa favorire la comprensione e l'acquisizione di nuovi concetti matematici dal momento che i gesti rappresenterebbero una forma di "embodiment" di quei processi di simulazione mentale che sono implicati nell'acquisizione di nuovi concetti matematici.

*I gesti possono riflettere i pensieri ed esprimere idee non ancora verbalizzate*

La produzione di gesti può favorire anche l'espressione di pensieri impliciti o non ancora accessibili. Secondo Hall e Nemirovsky (2012) i gesti sono atti motori che riflettono il pensiero e permettono di rendere espliciti i pensieri impliciti. Tale caratteristica in primo luogo permetterebbe al parlante di esprimere idee e concetti in modo iconico e analogico, e in secondo luogo consentirebbe all'ascoltatore di cogliere conoscenze implicite non ancora verbalizzate. Ad esempio, i bambini possono esprimere a gesti concetti che non sono ancora in grado di padroneggiare a parole (Goldin-Meadow, 1999). In questo caso si parla di *mismatch gestures* e la loro presenza suggerisce come i gesti possano rivelare aspetti del pensiero che non sono ancora esprimibili a parole. La loro comparsa in contesti di apprendimento sembra suggerire che tali gesti possano rappresentare indizi di una fase di transizione tra conoscenza implicita e conoscenza esplicita (in altre parole, rivelare la zona di sviluppo prossimale). Per questo motivo, la produzione dei gesti nei bambini potrebbe essere un utile indizio per gli insegnanti al fine di individuare la corretta fase di acquisizione di una nuova conoscenza e di calibrare conseguentemente il loro contributo ad un livello di comprensione adatto per quella specifica persona (Goldin-Meadow, Alibali e Church, 1993).

Broaders, Cook, Mitchell e Goldin-Meadow (2007) hanno avanzato la proposta di usare i gesti in contesti di apprendimento al fine di favorire la verbalizzazione di conoscenze implicite. Gli autori hanno realizzato uno studio in cui sono stati coinvolti bambini in età scolare. In una prima sessione (*baseline*), in cui non sono state fornite indicazioni riguardo ai gesti, i partecipanti sono stati invitati a risolvere sei equazioni matematiche (del tipo  $5+2+6=_+6$ ) ed a spiegare il metodo utilizzato per trovare la soluzione. In una seconda sessione, i partecipanti sono stati invitati a risolvere altre sei differenti equazioni matematiche e sono stati assegnati a tre gruppi. Nel gruppo *Told-to-gesture* i bambini erano invitati ad usare le mani durante la spiegazione della soluzione (compiendo gesti deittici), nel gruppo *Told-not-to-gesture* i bambini erano invitati a mantenere le mani ferme durante la spiegazione, mentre nel gruppo di controllo non erano fornite indicazioni circa i gesti. Rispetto alla prima sessione, i bambini del primo gruppo (*told-to-gesture-group*) hanno mostrato un incremento maggiore del numero di strategie corrette se comparati ai partecipanti degli altri due gruppi. Dal momento che la natura del compito era lo stesso in entrambe le fasi, gli autori hanno suggerito che la produzione di gesti durante la spiegazione della soluzione abbia favorito l'espressione di strategie non accessibili precedentemente.

### *Il ruolo dei gesti osservati*

Sebbene alcuni studi sembrano suggerire che l'apprendimento sia influenzato più dai gesti prodotti che dai gesti osservati (es., Goldin-Meadow, Levine, Zinchenko, Yip, Hemani e Factor, 2012), i gesti hanno un ruolo fondamentale anche per chi li osserva. In uno studio di Kelly e colleghi (2009) è stato riscontrato come l'apprendimento di parole in lingua straniera possa essere migliorato osservando gesti iconici. I partecipanti, inglesi madrelingua, sono stati invitati a studiare il significato di 12 verbi giapponesi rappresentanti azioni di vita quotidiana (e.g. colpire). Ogni parola poteva essere presentata in quattro condizioni (tre parole per ognuna). Nella condizione *Speech* (*S*) la parola veniva pronunciata dallo sperimentatore mantenendo le mani ferme, nella condizione *Speech + Congruent Gesture* (*S+CG*) la parola veniva



accompagnata da un gesto iconico congruente, nella condizione *Speech + Incongruent Gesture* (S+IG) la parola veniva accompagnata da un gesto incongruente, mentre nella condizione *Repeated Speech* (RS) la parola era pronunciata due volte dallo sperimentatore, mantenendo le mani ferme. La condizione S+IG è stata ideata per verificare se l'effetto benefico dei gesti osservati dipendesse dalla loro capacità di catturare l'attenzione, mentre la condizione RS rappresenta una condizione di controllo con un carico di informazioni equivalente alla condizione S+CG ma in cui le informazioni venivano presentate in serie, invece che in parallelo. I risultati mostrano che nella condizione S+CG le prestazioni dei partecipanti erano significativamente migliori rispetto alle altre tre condizioni sperimentali. L'effetto benefico dei gesti non è quindi dovuto alla loro capacità di catturare l'attenzione e neanche al fatto che aggiungono informazioni.

Sebbene in un paradigma misto (osservazione e imitazione), Macedonia e Knösche (2011) hanno riscontrato un simile effetto benefico dei gesti osservati. I partecipanti sono stati invitati ad apprendere 32 frasi presentate in modalità audiovisiva: metà non accompagnate da gesti rappresentazionali, metà accompagnate da gesti (in entrambe le condizioni i partecipanti erano invitati a ripetere la parola pronunciata e ad imitare, solo nella seconda condizione, i gesti dell'attrice). La fase di training è durata sei giorni, dopo la quale i partecipanti mostrarono una memoria migliore per le frasi accompagnate da gesti. Tali frasi sono state inoltre utilizzate più frequentemente in un successivo compito (*transfer test*) in cui i partecipanti erano invitati ad usare i termini precedentemente incontrati per formulare nuove frasi, suggerendo così come vi sia un effetto benefico anche in termini di accessibilità.

L'effetto benefico dei gesti osservati non si limita solo all'apprendimento di lingue straniere. Ad esempio, in uno studio di Ping e Goldin-Meadow (2008) si è osservato che i bambini, impegnati nella soluzione di problemi sulla conservazione della quantità, tendono ad apprendere più correttamente le istruzioni dello sperimentatore se queste vengono accompagnate da gesti iconici. Lo stesso effetto si è osservato, inoltre, nella comprensione di

equivalenze matematiche (Cook e Goldin-Meadow, 2006) e nella soluzione del gioco della Torre di Hanoi (Beilock e Goldin-Meadow, 2010). I gesti osservati possono influenzare la cognizione anche negativamente nel caso in cui forniscano informazioni fuorvianti. In uno studio di Broaders e Goldin-Meadow (2010) alcuni bambini hanno osservato delle scene in un attore era impegnato in azioni di vita quotidiana; successivamente l'intervistatore formulava una serie di domande in merito all'attore: se ad esempio veniva richiesto di indicare cosa indossasse e se l'intervistatore, nel formulare la domanda, mimava il gesto di un cappello, i bambini potevano essere indotti a sostenere di aver visto un cappello nonostante l'attore non lo indossasse.

Alla luce di questi dati, è stata più volte avanzata l'ipotesi secondo la quale gli effetti benefici dei gesti osservati possano derivare da una possibile azione del cosiddetto "meccanismo specchio" (mirror neuron systems) (vedi, ad esempio, Bernardis e Gentilucci, 2006). Diversi studi hanno infatti rilevato un elevato grado di sovrapposizione tra i circuiti neurali sottostanti all'esecuzione di un'azione e quelli che sottostanno all'osservazione della stessa azione, suggerendo come l'osservazione di azioni motorie quali i gesti delle mani e delle braccia possano dare origine ad una rappresentazione motoria "nascosta" nell'osservatore (vedi, ad esempio, Rizzolatti, Fogassi e Gallese, 2001). Rimandiamo il lettore al paragrafo 1.4 per un'analisi dei risultati comportamentali che sembrano confermare tale ipotesi.

### **1.3.1 L'effetto *Enactment***

Gli studi presentati finora hanno rivelato che i gesti, prodotti o osservati, possono migliorare l'apprendimento e la memoria in diversi modi. La letteratura sul cosiddetto *effetto enactment* sembra essere in linea con tali risultati. Con il termine di 'effetto enactment' si intende l'effetto per cui la memoria per una serie di frasi che rappresentano azioni migliora se queste vengono accompagnate durante la fase di apprendimento da gesti congruenti con le azioni descritte. Cohen (1981) riscontrò un miglioramento della memoria nella rievocazione libera di frasi (es., "rompere lo stuzzicadenti") se nella fase di apprendimento queste erano accompagnate da gesti

congruenti, prodotti (*subject-performed task*, SPT) o osservati (*experimenter-performed task*, EPT), rispetto alla condizione in cui i partecipanti si limitavano a leggere o sentire le frasi (*verbal task*, VT). L'effetto enactment è stato riscontrato sia in compiti di rievocazione libera sia in compiti di riconoscimento (Engelkamp, 1998), sia con frasi riguardanti azioni sia con singoli sostantivi (Kormi-Nouri, Nyberg e Nilsson, 1994), sia nei bambini sia negli anziani (Thompson, Driscoll e Markson, 1998; Feyereisen, 2009).

In letteratura non esistono studi convergenti rispetto alla potenza dell'effetto enactment nelle condizioni SPT ed EPT. In particolare, alcuni autori hanno sostenuto che la condizione SPT comporti un effetto maggiore rispetto alla condizione EPT (es., Engelkamp e Zimmer, 1997; Hornstein e Mulligan, 2004) mentre altri studi non hanno riscontrato alcuna differenza tra le due condizioni (Cohen, 1981). Come evidenziato da Engelkamp e Dehn (2000), una possibile spiegazione della parziale incongruenza dei risultati ottenuti potrebbe risiedere nella lunghezza delle liste di item sottoposte ai partecipanti: con liste di azioni corte (12-18 frasi) spesso non si osservano differenze tra le condizioni SPT e EPT, mentre con liste più lunghe è possibile rivelare un maggiore effetto benefico nella condizione SPT rispetto alla condizione EPT. Inoltre un maggiore effetto nella condizione SPT è stato riscontrato solo in disegni sperimentali entro i soggetti (Engelkamp e Zimmer, 1997). Considerando globalmente i risultati ottenuti in letteratura, è possibile quindi sostenere che l'effetto enactment si verifichi in termini comparabili in entrambe le condizioni (sia SPT che EPT; Feyereisen, 2009; Madan e Singhal, 2012). Come nel caso dei gesti che accompagnano il discorso ed il pensiero, tale effetto non è dovuto al fatto che i gesti sono in grado di catturare l'attenzione, bensì al contenuto semantico da essi rappresentato (Feyereisen, 2006). Inoltre, uno studio di Engelkamp e Zimmer (1997) ha dimostrato come la presentazione di oggetti reali nelle condizioni SPT, EPT e VT ha prodotto effetti benefici solo nella condizione VT, senza influenzare positivamente l'effetto enactment nelle altre due condizioni. Questi dati suggeriscono come, nonostante numerose frasi riguardino azioni che coinvolgono oggetti esterni (es., “aprire un libro”, “suonare il pianoforte”), non sia

necessario mostrare l'oggetto reale al fine di indurre l'effetto benefico sulla memoria (es., Mohr, Engelkamp e Zimmer, 1989).

In conclusione, si osserva una convergenza tra la letteratura sull'effetto enactment e la letteratura sui gesti che accompagnano il discorso: i gesti prodotti e osservati, purché congruenti al contenuto accompagnato, sono in grado di migliorare la memoria.

#### **1.4 Meccanismi cognitivi coinvolti nell'effetto benefico dei gesti sulla comprensione e la memoria**

Nonostante l'effetto benefico dei gesti sulla comprensione e la memoria sia stato replicato in numerosi studi, sia per singole frasi sia per materiale più complesso (es., vignette), la sua interpretazione rimane ancora controversa (Feyereisen, 2009). È chiaro che "l'effetto enactment aggiunge *qualcosa* all'elaborazione del materiale verbale da apprendere [...], il problema è capire *cosa*" (ibidem, p.374). In letteratura esistono numerosi contributi teorici (per una rassegna si veda Feyereisen, 2006), molti dei quali compatibili tra loro. In questo paragrafo viene approfondito principalmente il contributo della teoria dei modelli mentali (Johnson-Laird, 1983) con particolare riferimento al ruolo della componente motoria sia nella condizione di gesti prodotti (SPT) sia osservati (EPT).

##### *I gesti nella teoria dei modelli mentali*

La teoria dei modelli mentali (Johnson-Laird, 1983) postula che la comprensione profonda di un dato materiale si basi sulla costruzione e sulla manipolazione di modelli mentali. Un *modello mentale* è una rappresentazione iconica e non discreta di uno stato di cose descritte o percepite (Graesser, Millis e Zwaan, 1999), ovvero una rappresentazione non-linguistica e analogica la cui struttura, diversamente dalle rappresentazioni proposizionali, assomiglia alla struttura degli stati di cose che rappresentano. Le informazioni che costituiscono un modello mentale sono elaborate ad un livello semantico piuttosto che letterale (Mani e Johnson-Laird, 1982). Infatti gli indici della costruzione di un modello mentale in compiti di rievocazione sono:

(i) un numero maggiore di ricordi corretti a livello semantico, (ii) un numero maggiore di inferenze basate sul discorso e (iii) una minore capacità di riconoscere la forma linguistica originale (verbatim). In un modello mentale sono inoltre incluse sia conoscenze dichiarative (il *sapere cosa*, una serie di concetti espressi in forma proposizionale) sia conoscenze procedurali (il *sapere come*, una serie di informazioni implicite che guidano l'agire nel mondo). In quest'ottica, la conoscenza è rappresentata in memoria in più formati (es., visuo-spaziale, motorio). Secondo Bara (1995), in un modello mentale “svaniscono le differenze tra le rappresentazioni della conoscenza dichiarativa e della conoscenza procedurale: continuano ad essere distinte tra loro, ma possono essere rappresentate in un modo solo, per l'appunto un modello mentale” (ibidem, p. 116). Sulla base di questa impostazione teorica, alcuni studiosi hanno suggerito che i gesti che accompagnano il discorso possano essere facilmente incorporati nelle rappresentazioni spaziali e procedurali dei modelli mentali. Infatti, ad esclusione dei gesti ritmici, molti tipi di gesti sono rappresentazioni iconiche come i modelli mentali (Hildebrandt, Moratz, Rickheit e Sagerer, 1999; Cutica e Bucciarelli, 2008). Per questo motivo è stato ipotizzato che le informazioni veicolate dai gesti possano essere integrate facilmente in un modello mentale ed indurre un effetto benefico sulla memoria e l'apprendimento (Bucciarelli, 2007). In altre parole, i gesti che accompagnano il discorso potrebbero aggiungere rappresentazioni motorie e spaziali ad un modello mentale, integrandosi così alle informazioni verbali disponibili.

Numerosi studi hanno indagato tale possibilità. Ad esempio, Cutica e Bucciarelli (2008) hanno riscontrato che i gesti che accompagnano un discorso narrativo favoriscono nell'ascoltatore una comprensione profonda del contenuto. In particolare, i risultati di due esperimenti hanno rivelato che i partecipanti, dopo aver assistito ad un discorso accompagnato da gesti rispetto alla condizione in cui l'attore si limitava a parlare tenendo le mani e le braccia ferme, (i) hanno prodotto un numero maggiore di ricordi corretti e di inferenze basate sul discorso e (ii) hanno riconosciuto un numero minore di frasi letterali originali. Uno studio di

Cutica e Bucciarelli (2013) ha ottenuto risultati simili nel caso di gesti prodotti direttamente dai partecipanti, mentre Cutica, Ianì e Bucciarelli (2014) hanno replicato lo studio in bambini frequentanti la 4° elementare. Questi esperimenti sembrano suggerire che i gesti prodotti possano facilitare la costruzione di un modello mentale articolato di un discorso favorendo il recupero di un ricordo ad un livello semantico e penalizzando il ricordo del formato verbale (perdita dell'informazione "superficiale").

### *Il ruolo della componente motoria nell'effetto benefico dei gesti prodotti*

Numerosi studi sull'effetto enactment hanno ipotizzato il ruolo fondamentale della componente motoria dei gesti prodotti sulla memoria: l'informazione motoria, da un lato, favorirebbe un'elaborazione più profonda dell'azione descritta o osservata e dall'altro, se riattivata, favorirebbe il recupero del ricordo. Questa interpretazione è in accordo con l'*ipotesi multimodale* (Engelkamp, 2001) secondo cui l'esecuzione di un gesto necessiterebbe di una pianificazione e di un controllo del movimento da cui deriverebbe anche un feedback cinestesico che potrebbe essere riattivato durante il ricordo (Zimmer, 2001). In accordo con tale ipotesi, uno studio di Engelkamp, Zimmer e Biegelmann (1993) ha dimostrato che il feedback visivo nella condizione SPT non è cruciale ai fini dell'effetto enactment. Introducendo una condizione in cui veniva chiesto ai partecipanti di compiere le azioni da bendati (in modo tale che non potessero beneficiare del feed-back visivo), gli autori non hanno rivelato alcuna modulazione dell'effetto. Uno studio di Hornstein e Mulligan (2004) ha confermato ed ampliato i risultati di Engelkamp e colleghi (1993), dimostrando come la quantità di informazione visiva non sia in grado di modulare l'effetto enactment. I partecipanti sono stati invitati a studiare una serie di frasi producendo gesti ad occhi chiusi (condizione *eyes closed*; feedback visivo minimo), nella condizione classica (condizione *standard*; feedback visivo moderato) e producendo gesti davanti ad uno specchio (condizione *mirror*; feedback visivo massimo). I risultati non hanno rivelato differenze significative fra le tre condizioni. In altre parole, la quantità di feedback visivo disponibile non ha influenzato l'effetto enactment, suggerendo

come il fattore cruciale per l'effetto sia la componente motoria del gesto e non l'informazione visiva veicolata da esso. In accordo con questi risultati, numerosi studi di neuroimmagine hanno dimostrato un coinvolgimento delle aree motorie in tale processo. In uno studio di Nilsson e colleghi (2000) i partecipanti sono stati invitati a comprendere una serie di comandi verbali in tre condizioni sperimentali: la *verbal condition*, in cui i partecipanti dovevano solo ascoltare i comandi verbali, la *imagery condition* in cui i partecipanti erano invitati ad immaginare, rimanendo fermi, l'esecuzione dell'azione descritta dal comando verbale e l'*enactment condition* in cui i partecipanti erano invitati ad eseguire l'azione descritta dal comando verbale. Dopo ogni condizione sperimentale, i partecipanti sono stati invitati a svolgere un compito di rievocazione guidata, durante il quale sono state realizzate le scansioni PET. I risultati mostrano una maggiore attivazione della corteccia motoria primaria (M1) nella condizione di *enactment*, un'attivazione intermedia nella condizione immaginativa e minima in quella verbale (Nilsson, Nyberg, Klingberg, Åberg, Persson e Roland, 2000). Un risultato simile è stato ottenuto da Russ e colleghi (2003) durante un compito di riconoscimento successivo alla condizione SPT: i dati mostrarono una maggiore attivazione, oltre che del giro sopramarginale (SMG), anche dell'area postcentrale destra (BA2), ovvero l'analogo della corteccia motoria primaria riscontrato precedentemente (Russ, Mack, Grama, Lanfermann e Knopf, 2003). Al fine di indagare più a fondo l'ipotesi della riattivazione motoria, Nyberg e colleghi (2001) hanno realizzato uno studio fMRI in cui è stata direttamente comparata l'attività cerebrale durante la fase di apprendimento (SPT) e la successiva fase di rievocazione, (es., Nyberg *et al.*, 2001). Gli autori hanno osservato una sostanziale sovrapposizione tra le regioni attive in entrambe le fasi (apprendimento e rievocazione), marcatamente nella corteccia motoria ventrale sinistra e la corteccia parietale inferiore destra. Siccome queste regioni sono risultate attive in entrambe le fasi, Nyberg e colleghi hanno suggerito che l'effetto enactment, nella condizione SPT possa dipendere dall'attivazione e dalla seguente riattivazione delle informazioni motorie. Anche in uno studio MEG di Masumoto e colleghi (2006) è stato riscontrato il coinvolgimento della corteccia

motoria primaria. Gli autori hanno misurato l'attività cerebrale durante un compito di riconoscimento (preceduto da SPT o VT) per disambiguare il ruolo delle regioni motorie ed il ruolo delle regioni parietali (vedi Russ *et al.*, 2003). La condizione SPT ha indotto durante il compito di riconoscimento un'attivazione della corteccia motoria primaria sinistra (dopo 150-250ms la presentazione degli stimoli) in tutti i partecipanti; nella condizione VT lo stesso risultato è stato osservato in solo uno dei partecipanti. In aggiunta, la condizione SPT ha indotto una maggiore attività della corteccia parietale destra, rispetto alla condizione VT, ma solo dopo 600-700ms dalla presentazione degli stimoli. Gli autori concludono che l'effetto osservato è dovuto alla riattivazione delle informazioni motorie (M1) che facilitano successivamente l'attivazione delle regioni parietale coinvolte nella rappresentazione del movimento (Masumoto *et al.*, 2006). Considerando globalmente i risultati di questi studi, le aree motorie sembrerebbero essere ingaggiate nel ricordo di frasi precedentemente accompagnate da gesti.

#### *Il ruolo della componente motoria nell'effetto benefico dei gesti osservati*

Nella letteratura classica sull'effetto enactment, la condizione EPT è stata spesso introdotta come condizione di controllo per la condizione SPT. In quest'ottica e considerando il fatto che alcuni studi hanno osservato un maggiore effetto nella condizione SPT rispetto alla condizione EPT (vedi, ad esempio, Engelkamp e Zimmer, 1983; 1997), alcuni studiosi hanno suggerito che “i processi motori determinino il maggiore effetto della condizione SPT, rispetto alla condizione EPT” (Engelkamp e Jahn, 2003; p.150). In altre parole, l'assunto implicito di questi contributi è che la componente motoria sia presente solo nella condizione SPT (Feyereisen, 2006). Tuttavia, numerosi studi hanno dimostrato l'attivazione delle stesse aree cerebrali durante l'esecuzione e l'osservazione della medesima azione (si veda, Rizzolatti, Fogassi e Gallese, 2001) ed è quindi possibile che l'osservazione di pantomime nel paradigma enactment così come durante l'osservazione di gesti che accompagnano il discorso, comporti un'attivazione delle rappresentazioni motorie anche nell'osservatore. Sfruttando l'organizzazione somatotopica delle aree attive durante l'osservazione dell'azione (es.,



Buccino, Binkofski, Fink, Fadiga, Fogassi, Gallese, Seitz, Zilles, Rizzolati e Freund, 2001; Michael, Sandberg, Skewes, Wolf, Blicher, Overgaard e Frith, 2014), Ping e colleghi (2014) hanno dimostrato il coinvolgimento del sistema motorio nella comprensione dei gesti osservati che accompagnano il discorso. In un primo esperimento, i partecipanti sono stati invitati ad osservare attentamente una serie di video in cui un'attrice pronunciava alcune frasi (es., "La donna piantò il chiodo nel muro") accompagnandole con gesti che aggiungevano informazioni (es., il chiodo è piantato su un piano verticale/orizzontale). In seguito ad ogni video, veniva presentato un oggetto che poteva essere in una posizione *congruente* o *incongruente* rispetto al gesto osservato (es., un chiodo in posizione verticale/orizzontale): i partecipanti erano invitati a rispondere "sì", se l'oggetto presentato era stato menzionato nella frase pronunciata dall'attrice, "no" se l'oggetto presentato non era stato menzionato nella frase (filler trial). I risultati hanno mostrato come i tempi di reazione nella condizione congruente erano significativamente inferiori rispetto alla condizione incongruente, dimostrando come l'informazione proveniente dai gesti del parlante venga automaticamente incorporata nel modello mentale dell'osservatore. Sfruttando la sovrapposizione tra aree motorie coinvolte nella produzione e nell'osservazione dei gesti e la loro organizzazione somatotopica, in un secondo esperimento Ping *et al.* (2014) hanno utilizzato il medesimo paradigma chiedendo inoltre ai partecipanti, durante la fase di osservazione, di compiere simultaneamente un compito motorio coinvolgente i medesimi effettori implicati nell'azione osservata: in questo caso i tempi di reazione nelle condizioni congruenti/incongruenti erano simili. L'effetto persisteva invece utilizzando un compito motorio coinvolgente effettori diversi da quelli osservati (le gambe). Gli autori concludono che il sistema motorio dell'osservatore svolge un ruolo cruciale nella comprensione dell'informazione proveniente dai gesti. Un processo simile sembrerebbe implicato anche nell'effetto enactment riscontrabile nella condizione EPT: se durante la fase di osservazione i partecipanti vengono invitati a muovere le braccia e le mani, l'effetto benefico sulla memoria scompare, mentre persiste nella condizione in cui il compito prevede di muovere

gambe e piedi (Ianì e Bucciarelli, 2017). Il sistema motorio è dunque implicato nella comprensione dell'informazione veicolata dai gesti così come nell'effetto benefico sulla memoria dei gesti prodotti e osservati. Tali evidenze rappresentano una conferma dell'interazione tra funzioni cognitive superiori e sistema sensorimotorio.

## **1.5 Conclusioni**

I gesti possono rappresentare in modo relativamente diretto forme e azioni, e possono quindi veicolare e modificare allo stesso tempo gli aspetti spaziali e motori dei pensieri. Tra i gesti e i pensieri da essi rappresentati esiste dunque una relazione più diretta che tra le parole e i pensieri soggiacenti (Corballis, 2002). Per questa ragione essi possono sia riflettere il pensiero, sia plasmarlo. Riassumendo i dati provenienti dalla letteratura, i gesti possono svolgere differenti funzioni tra le quali:

- facilitare l'accesso lessicale e l'organizzazione concettuale di un discorso;
- fornire un valido supporto per la comprensione del messaggio verbale;
- comunicare concetti ancora non esprimibili a parole;
- indicare lo stadio di comprensione di un dato concetto;
- svolgere un ruolo causale sull'apprendimento e la memoria.

Tali riscontri scientifici sono spesso considerati evidenza di come il corpo sia coinvolto nel pensiero dal cosiddetto approccio dell'“embodied cognition”. Sebbene sotto questa etichetta ricadano approcci spesso assai differenti (es., Wilson, 2002), generalmente si accetta l'idea secondo cui i processi mentali sono mediati da sistemi corporei (Alibali e Nathan, 2012). In quest'ottica i processi e le strutture cognitive, incluse la rappresentazione della conoscenza, sono influenzate e vincolate dalle caratteristiche del corpo umano: riassumendo, l'idea dietro alla formula “embodied cognition” è che la gran parte dei processi cognitivi avvenga mediante i sistemi di controllo del corpo (Caruana e Borghi, 2013). Tale approccio, oltre ad essere l'approdo di diverse aree di ricerca sperimentale che hanno mostrato empiricamente la rilevanza

della dimensione corporea nella cognizione, ha origine in ambito filosofico dal pragmatismo americano e soprattutto dalla fenomenologia francese, quindi dall'idea dell'impossibilità di una percezione (e di una conoscenza in senso lato) slegata dal corpo e dalla situazione in cui esso si viene a trovare. Al tempo stesso, come fanno notare Marraffa e Pareschi (2012), tale approccio è stato accompagnato da una recente sistematizzazione filosofica-metodologica che ha dato origine alla cosiddetta teoria della “mente estesa” di Andy Clark e David Chalmers (1998), secondo cui la mente è *ontologicamente complessa*. Nell'ottica della mente estesa il corpo è parte integrante e attiva dei processi cognitivi e non c'è alcuna buona ragione per ritenere che oggetti esterni (es., orologi, taccuini, mappe, etc.) siano qualcosa che non appartiene alla mente. Similmente, possiamo usare il nostro corpo per calcolare, per esprimerci o ragionare. I gesti sono quindi parte del reale processo di pensiero, informando e modulando continuamente il pensiero proposizionale: i gesti sono quindi una dimensione del pensiero (Clark, 2007). Secondo tale approccio, gesto e attività cognitiva formerebbero un abbinamento denominato “auto-strutturazione dell'informazione (Clark, 2008), ovvero un “sistema abbinato esteso” (Di Francesco e Piredda, 2012), creando una struttura a loop nella quale l'output prodotto dal sistema (il gesto) è contemporaneamente un input che permette di migliorare e potenziare l'attività del sistema nel suo complesso (Di Francesco e Piredda, 2012). Come fa notare Noë (2010, p.15), “I movimenti [...] non sono semplici segnali indirizzati a qualcun altro, strumenti attraverso i quali comunichiamo con chi ci sta vicino” ma appartengono essi stessi ai nostri processi mentali e “cambiando la forma della nostra attività possiamo cambiare [...] la nostra mente”.

Riteniamo che i dati provenienti dalla letteratura sui gesti possano arricchire tale discussione. In particolare essi rappresentano una dimostrazione del fatto che:

- laddove un determinato contenuto non è direttamente accessibile dai processi cognitivi superiori (vedi 1.1), corpo e pensiero possono “auto-strutturarsi” a vicenda in un processo in cui è difficile individuare l'origine e il risultato. Quando si producono tali

movimenti anche se i processi di controllo rimangono possono essere inconsci, i movimenti stessi non sono meccanici o involontari, bensì fanno parte della “intenzionalità operativa” (Gallagher e Zahavi, 2008). Anche se non siamo totalmente consapevoli dei nostri gesti e anche quando non svolgono una funzione comunicativa, essi implicitamente contribuiscono a plasmare la nostra cognizione. In tal senso “è errato pensare vi sia un sistema di ragionamento centrale che utilizzi i gesti come strumento per materializzare i propri pensieri; al contrario, i gesti influenzano la produzione del discorso, mettendo in relazione parti distribuite della cognizione, cioè partecipando nel processo cognitivo più come un *aspetto* del ragionamento, che come un *risultato*” (Clark, 2013, p. 263);

- il corpo può rivelare conoscenze che non sono ancora verbalizzate dal sistema linguistico (vedi 1.2). In questo senso il corpo può dunque “possedere” conoscenza e non solo contribuire a modificarla;
- il corpo può essere utilizzato per migliorare la nostra memoria (1.3) e quindi giocare un ruolo anche nell’apprendimento. Sebbene tale processo abbia una struttura simile rispetto al caso dell’ausilio di oggetti esterni, questo passaggio sembrerebbe più diretto e meno mediato.

I gesti possono quindi sia riflettere sia elicitare “simulazioni sensorimotorie” (Dijkstra e Post, 2015), in grado di provocare un effetto benefico in termini di apprendimento e memorizzazione. In tal senso la cognizione è inseparabile, funzionalmente e ontologicamente, dalle azioni del nostro corpo.

## Bibliografia

- Alibali M.W., Nathan M.J. (2012). Embodiment in mathematics teaching and learning: Evidence from learners' and teachers' gestures. *Journal of the learning sciences*, 21, 247-286.
- Alibali M.W., Kita S., Young A.J. (2000). Gesture and the process of speech production: We think, therefore we gesture. *Language and Cognitive Processes*, 15, 593-613.
- Bara B.G. (1995). *Cognitive science: A developmental approach to the simulation of the mind*. Psychology Press.
- Beilock S.L., Goldin-Meadow S. (2010). Gesture changes thought by grounding it in action. *Psychological Science*, 21, 1605-1610.
- Bernardis, P. e Gentilucci, M. (2006). Speech and gesture share the same communication system. *Neuropsychologia*, 44, 178-190.
- Broaders S.C., Cook S.W., Mitchell Z., Goldin-Meadow S. (2007). Making children gesture brings out implicit knowledge and leads to learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136, 539-550.
- Broaders S.C., Goldin-Meadow S. (2010). Truth Is at Hand How Gesture Adds Information During Investigative Interviews. *Psychological Science*, 21, 623-628.
- Bucciarelli M. (2007). How the construction of mental models improves learning. *Mind & Society*, 6, 67-89.
- Bucciarelli M., Mackiewicz R., Khemlani S.S., Johnson-Laird P.N. (2016). Children's creation of algorithms: simulations and gestures. *Journal of Cognitive Psychology*, 28, 297-318.
- Buccino G., Binkofski F., Fink G.R., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Seitz R.J., Zilles K., Rizzolatti G., Freund H.J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *European journal of neuroscience*, 13, 400-404.
- Capirci, O., Iverson, J. M., Pizzuto, E., Volterra, V. (1996). Gestures and words during the transition to two-word speech. *Journal of Child language*, 23, 645-673.

- Cartmill, E. A., Demir, Ö. E., Goldin-Meadow, S. (2012). Studying Gesture. In Erika Hoff (Ed.). *Research Methods in Child Language: A Practical Guide*, 1st Edition (pp. 208-225). Wiley Blackwell Ltd.
- Caruana F., Borghi A.M. (2013). Embodied cognition, una nuova psicologia. *Giornale Italiano di Psicologia*, 1, 23-48.
- Chu M., Kita S. (2008). Spontaneous gestures during mental rotation tasks: insights into the microdevelopment of the motor strategy. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137, 706-723.
- Chu M., Kita S. (2011). The nature of gestures' beneficial role in spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140, 102-116.
- Chu M., Meyer A., Foulkes L., Kita S. (2014). Individual differences in frequency and saliency of speech-accompanying gestures: The role of cognitive abilities and empathy. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143, 694-709.
- Church R.B., Ayman-Nolley S., Mahootian S. (2004). The role of gesture in bilingual education: Does gesture enhance learning?. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism*, 7, 303-319.
- Clark A. (2007). Curing cognitive hiccups: A defense of the extended mind. *The Journal of Philosophy*, 104, 163-192.
- Clark A. (2008). *Supersizing the mind: Embodiment, action, and cognitive extension*. New York: Oxford University Press.
- Clark A. (2013). Gesture as thought. In Z. Radman (ed.), *The Hand, an Organ of the Mind: What the Manual Tells the Mental*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 255-268.
- Clark A., Chalmers D. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58, 7-19.
- Cohen R.L. (1981). On the generality of some memory laws. *Scandinavian Journal of Psychology*, 22, 267-281.

- Cook S.W., Goldin-Meadow S. (2006). The role of gesture in learning: Do children use their hands to change their minds?. *Journal of Cognition and Development*, 7, 211-232.
- Cook S.W., Mitchell Z., Goldin-Meadow S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106, 1047-1058.
- Cook S.W., Yip T.K., Goldin-Meadow S. (2010). Gesturing makes memories that last. *Journal of Memory and Language*, 63, 465-475.
- Corballis, M.C. (2002). *From hand to mouth: The origins of language*. Princeton University Press.
- Cutica I., Bucciarelli M. (2008). The deep versus the shallow: Effects of co-speech gestures in learning from discourse. *Cognitive Science*, 32, 921-935.
- Cutica I., Bucciarelli M. (2011). “The more you gesture, the less I gesture” Co-speech gestures as a measure of mental model quality. *Journal of Nonverbal Behavior*, 35, 173-187.
- Cutica I., Bucciarelli M. (2013). Cognitive change in learning from text: Gesturing enhances the construction of the text mental model. *Journal of Cognitive Psychology*, 25, 201-209.
- Cutica I., Ianì F., Bucciarelli M. (2014). Learning from text benefits from enactment. *Memory & Cognition*, 42, 1026-1037.
- Di Francesco, M., Piredda, G. (2012). La mente estesa. Un bilancio critico. *Sistemi intelligenti*, 1, 11-34.
- Dijkstra, K., Post, L. (2015). Mechanisms of embodiment. *Frontiers in psychology*, 6, doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01525.
- Engelkamp J. (1998). *Memory for actions*. Psychology Press.
- Engelkamp J. (2001). Action memory: A system-oriented approach. In H.D. Zimmer, R.L. Cohen, M.J. Guynn, J. Engelkamp, R. Kormi-Nouri, M.A. Foley (eds.), *Memory for action: A distinct form of episodic memory?*. New York: Oxford University Press, pp. 49-96.

- Engelkamp J., Dehn D.M. (2000). Item and order information in subject-performed tasks and experimenter-performed tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 671-682.
- Engelkamp J., Jahn P. (2003). Lexical, conceptual and motor information in memory for action phrases: A multi-system account. *Acta Psychologica*, 113, 147-165.
- Engelkamp, J., Zimmer H.D. (1983). Zum Einfluss von Wahrnehmen und Tun auf das Behalten von Verb-Objekt-Phrasen. *Sprache & Kognition*, 2, 117-127.
- Engelkamp J., Zimmer H.D. (1997). Sensory factors in memory for subject-performed tasks. *Acta Psychologica*, 96, 43-60.
- Engelkamp J., Zimmer H.D., Biegelmann U.E. (1993). Bizarreness effects in verbal tasks and subject-performed tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5, 393-415.
- Feyereisen P. (2006). Further investigation on the mnemonic effect of gestures: Their meaning matters. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18, 185-205.
- Feyereisen P. (2009). Enactment effects and integration processes in younger and older adults' memory for actions. *Memory*, 17, 374-385.
- Frick-Horbury D., Guttentag R.E. (1998). The effects of restricting hand gesture production on lexical retrieval and free recall. *The American Journal of Psychology*, 111, 43-62.
- Gentilucci, M., Bernardis, P., Crisi, G., Dalla Volta, R. (2006). Repetitive transcranial magnetic stimulation of Broca's area affects verbal responses to gesture observation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1059-1074.
- Gentilucci, M., Benuzzi, F., Gangitano, M., Grimaldi, S. (2001). Grasp with hand and mouth: a kinematic study on healthy subjects. *Journal of Neurophysiology*, 86, 1685-1699.
- Gentilucci, M., Campione, G. C. (2011). Do postures of distal effectors affect the control of actions of other distal effectors? Evidence for a system of interactions between hand and mouth. *PloSone*, 6, e19793.



- Gentilucci, M., Corballis, M. C. (2006). From manual gesture to speech: a gradual transition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 949-960.
- Goldin-Meadow S. (1999). The role of gesture in communication and thinking. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 419-429.
- Goldin-Meadow S., Alibali M.W., Church R.B. (1993). Transitions in concept acquisition: Using the hand to read the mind. *Psychological Review*, 100, 279.
- Goldin-Meadow S., Levine S.C., Zinchenko E., Yip T.K., Hemani N., Factor L. (2012). Doing gesture promotes learning a mental transformation task better than seeing gesture. *Developmental Science*, 15, 876-884.
- Gallagher S, Zahavi D. (2008). *La mente fenomenologica. Filosofia della mente e scienze cognitive*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- Graesser A.C., Millis K.K., Zwaan R.A. (1997). Discourse comprehension. *Annual Review of Psychology*, 48, 163-189.
- Hall R., Nemirovsky R. (2012). Introduction to the special issue: Modalities of body engagement in mathematical activity and learning. *Journal of the Learning Sciences*, 21, 207-215.
- Hildebrandt B., Moratz R., Rickheit G., Sagerer G. (1999). 10 Cognitive modelling of vision and speech understanding. *Advances in Psychology*, 128, 213-236.
- Hornstein S.L., Mulligan N.W. (2004). Memory for actions: Enactment and source memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 367-372.
- Hostetter A.B., Alibali M.W. (2008). Visible embodiment: Gestures as simulated action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15, 495-514.
- Hostetter A.B., Alibali M.W., Shrager S.M. (2011). If you don't already know, I'm certainly not going to show you! Motivation to communicate affects gesture production. In G. Stam, M. Ishino (sds.), *Integrating gestures: The interdisciplinary nature of gesture*. Amsterdam: John Benjamins, pp. 61-74.

- Iani, F., Bucciarelli, M. (2017). Mechanisms underlying the beneficial effect of a speaker's gestures on the listener. *Journal of Memory and Language*, 96, 110-121.
- Iani F., Cutica I., Bucciarelli M. (2016). Timing of Gestures: Gestures Anticipating or Simultaneous With Speech as Indexes of Text Comprehension in Children and Adults. *Cognitive Science*. DOI: 10.1111/cogs.12381
- Iverson, J. M., Capirci, O., Volterra, V., Goldin-Meadow, S. (2008). Learning to talk in a gesture-rich world: Early communication in Italian vs. American children. *First Language*, 28, 164-181.
- Iverson J.M., Goldin-Meadow S. (1998). Why people gesture when they speak. *Nature*, 396(6708), 228-228.
- Johnson-Laird P.N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.
- Kelly S.D., Barr D.J., Church R.B., Lynch K. (1999). Offering a hand to pragmatic understanding: The role of speech and gesture in comprehension and memory. *Journal of memory and Language*, 40, 577-592.
- Kelly S.D., Manning S.M., Rodak S. (2008). Gesture gives a hand to language and learning: Perspectives from cognitive neuroscience, developmental psychology and education. *Language and Linguistics Compass*, 2, 569-588.
- Kelly S.D., McDevitt T., Esch M. (2009). Brief training with co-speech gesture lends a hand to word learning in a foreign language. *Language and Cognitive Processes*, 24, 313-334.
- Kendon A. (2004). *Gesture: Visible action as utterance*. Cambridge University Press.
- Khemlani S.S., Mackiewicz R., Bucciarelli M., Johnson-Laird P.N. (2013). Kinematic mental simulations in abduction and deduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 16766-16771.
- Kita S., Davies T.S. (2009). Competing conceptual representations trigger co-speech representational gestures. *Language and Cognitive Processes*, 24, 761-775.

- Kormi-Nouri R., Nyberg L., Nilsson L.G. (1994). The effect of retrieval enactment on recall of subject-performed tasks and verbal tasks. *Memory & Cognition*, 22, 723-728.
- Krauss R.M. (1998). Why do we gesture when we speak?. *Current Directions in Psychological Science*, 7, 54-60.
- Krauss R.M., Chen Y., Chawla, P. (1996). Nonverbal behavior and nonverbal communication: What do conversational hand gestures tell us? *Advances in Experimental Social Psychology*, 28, 389-450.
- Krauss R.M., Hadar U. (1999). The role of speech-related arm/hand gestures in word retrieval. In R. Campbell, L. Messing (eds.), *Gesture, speech, and sign*. Oxford: Oxford University Press.
- Macedonia M., Knösche T.R. (2011). Body in mind: How gestures empower foreign language learning. *Mind, Brain, and Education*, 5, 196-211.
- Macedonia M., Müller K., Friederici A.D. (2011). The impact of iconic gestures on foreign language word learning and its neural substrate. *Human Brain Mapping*, 32, 982-998.
- Madan C.R., Singhal A. (2012). Using actions to enhance memory: effects of enactment, gestures, and exercise on human memory. *Frontiers in Psychology*, 3, 507-511.
- Madigan S. (1983). Picture memory. In J.C. Yuille (ed.), *Imagery, memory and cognition: Essays in honor of Allan Paivio*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 65-89.
- Mani K., Johnson-Laird P.N. (1982). The mental representation of spatial descriptions. *Memory & Cognition*, 10, 181-187.
- Marraffa M., Pareschi R. (2012). Editoriale: La mente estesa. *Sistemi intelligenti*, 24(1), 3-8.
- Masataka, N. (2001). Why early linguistic milestones are delayed in children with Williams syndrome: late onset of hand banging as a possible rate-limiting constraint on the emergence of canonical babbling. *Developmental Science*, 4, 158-164.

- Masumoto K., Yamaguchi M., Sutani K., Tsuneto S., Fujita A., Tonoike M. (2006). Reactivation of physical motor information in the memory of action events. *Brain Research*, 1101(1), 102-109.
- McNeill D. (1992). *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. University of Chicago press.
- Michael J., Sandberg K., Skewes J., Wolf T., Blicher J., Overgaard M., Frith C.D. (2014). Continuous theta-burst stimulation demonstrates a causal role of premotor homunculus in action understanding. *Psychological Science*, 25, 963-972.
- Mohr G., Engelkamp J., Zimmer H.D. (1989). Recall and recognition of self-performed acts. *Psychological Research*, 51, 181-187.
- Morrel-Samuels P., Krauss R.M. (1992). Word familiarity predicts temporal asynchrony of hand gestures and speech. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 18, 615-622.
- Nilsson L.G., Nyberg L., Klingberg T., Åberg C., Persson J., Roland P.E. (2000). Activity in motor areas while remembering action events. *Neuroreport*, 11, 2199-2201.
- Noë A. (2010). *Perché non siamo il nostro cervello: una teoria radicale della coscienza*. Milano, Raffaello Cortina.
- Nyberg L., Petersson K.M., Nilsson L.G., Sandblom J., Åberg C., Ingvar M. (2001). Reactivation of motor brain areas during explicit memory for actions. *Neuroimage*, 14, 521-528.
- Ping R.M., Goldin-Meadow S. (2008). Hands in the air: using ungrounded iconic gestures to teach children conservation of quantity. *Developmental Psychology*, 44, 1277-1287.
- Ping R.M., Goldin-Meadow S., Beilock S.L. (2014). Understanding gesture: Is the listener's motor system involved? *Journal of Experimental Psychology: General*, 143, 195-204.
- Quine, W. (1960). *Word and object*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Rauscher F.H., Krauss R.M., Chen Y. (1996). Gesture, speech, and lexical access: The role of lexical movements in speech production. *Psychological Science*, 7, 226-231.
- Rimé B. (1982). The elimination of visible behaviour from social interactions: Effects on verbal, nonverbal and interpersonal variables. *European Journal of Social Psychology*, 12, 113-129.
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 661-670.
- Rizzolatti G., Craighero L. (2005). Mirror neuron: a neurological approach to empathy. In *Neurobiology of human values*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 107-123.
- Russ M.O., Mack W., Grama C.R., Lanfermann H., Knopf M. (2003). Enactment effect in memory: evidence concerning the function of the supramarginal gyrus. *Experimental Brain Research*, 149, 497-504.
- Shepard R.N., Cooper L.A. (1982). *Mental images and their transformations*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stevanoni E., Salmon K. (2005). Giving memory a hand: Instructing children to gesture enhances their event recall. *Journal of Nonverbal Behavior*, 29, 217-233.
- Thompson L.A., Driscoll D., Markson L. (1998). Memory for visual-spoken language in children and adults. *Journal of Nonverbal Behavior*, 22, 167-187.
- Tomasello M. (1998). Reference: Intending that others jointly attend. *Pragmatics & Cognition*, 6, 229-243.
- Vasc D., Ionescu T. (2013). Embodying cognition: Gestures and their role in the development of thinking. *Cognition, Brain, Behavior*, 17, 149-169.
- Vendrame M., Cutica I., Bucciarelli M. (2010). "I see what you mean": Oral deaf individuals benefit from speaker's gesturing. *European Journal of Cognitive Psychology*, 22, 612-639.

- Volterra, V., Caselli, M. C., Capirci, O., Pizzuto, E., Tomasello, M., e Slobin, D. (2005). Gesture and the emergence and development of language. *Beyond nature-nurture: Essays in honor of Elizabeth Bates*, 3-40.
- Wagner S.M., Nusbaum H., Goldin-Meadow S. (2004). Probing the mental representation of gesture: Is handwaving spatial? *Journal of Memory and Language*, 50, 395-407.
- Wesp R., Hesse J., Keutmann D., Wheaton K. (2001). Gestures maintain spatial imagery. *The American Journal of Psychology*, 114, 591-600.
- Wheaton K.J., Thompson J.C., Syngeniotis A., Abbott D.F., Puce A. (2004). Viewing the motion of human body parts activates different regions of premotor, temporal, and parietal cortex. *Neuroimage*, 22, 277-288.
- Wilson M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 625-636.
- Zimmer H.D. (2001). Why do actions speak louder than words: Action memory as a variant of encoding manipulations or the result of a specific memory system. In H.D. Zimmer, R.L. Cohen, M.J. Guynn, J. Engelkamp, R. Kormi-Nouri, M.A. Foley (eds.), *Memory for action: A distinct form of episodic memory?* (pp. 49-96). New York: Oxford University Press.